

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-239566

(43)Date of publication of application : 11.09.1998

(51)Int.Cl. G02B 6/42

(21)Application number : 09-045549

(71)Applicant : MITSUBISHI RAYON CO LTD

(22)Date of filing : 28.02.1997

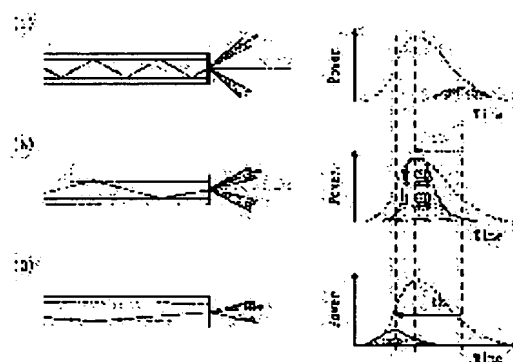
(72)Inventor :  
IRIE KIKUE  
OOISHI NORIJI

## (54) METHOD FOR INCREASING TRANSMISSION INFORMATION AMOUNT OF OPTICAL FIBER

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To increase the transmittable information amount by sharply improving the transmission band of an SI(multi-mode step index) type optical fiber having a narrow transmission band in normal use.

SOLUTION: In this signal transmission that light is introduced from the incidence end of an optical fiber and light is sent out from an outgoing end, only the light in a prescribed angle range with respect to the outgoing light is guided to a light receiver, and the other light component is not received by this method. The outgoing light is divided into multiple components for each angle against the outgoing optical axis, individual components are received by different light receivers respectively and converted into electric signals, and the multiple electric signals are arithmetically processed to shape the wave- from of a transmission pulse. The outgoing light is divided into multiple components of each angle with respect to the outgoing optical axis, individual components are received by different light receivers and converted into electric signals, the component signal having a small angle is delayed by the prescribed time in a delay process, then it is added to the component signal having a large angle.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 07.08.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3682140

[Date of registration] 27.05.2005

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-239566

(43) 公開日 平成10年(1998) 9月11日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

G 0 2 B 6/42

識別記号

F I

G 0 2 B 6/42

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平9-45549

(22) 出願日 平成9年(1997) 2月28日

(71) 出願人 000006035

三菱レイヨン株式会社

東京都港区港南一丁目6番41号

(72) 発明者 入江 菊枝

広島県大竹市御幸町20番1号 三菱レイヨ

ン株式会社中央技術研究所内

(72) 発明者 大石 則司

広島県大竹市御幸町20番1号 三菱レイヨ

ン株式会社中央技術研究所内

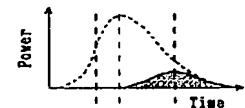
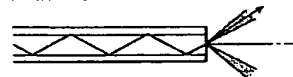
(54) 【発明の名称】 光ファイバの伝達情報量の増加方法

(57) 【要約】

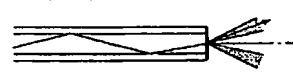
【課題】 通常の使用法では伝送帯域が狭い S I 型光ファイバの伝送帯域を大幅に改善し伝達可能な情報量を増す。

【解決手段】 光ファイバの入射端から光を入射させ出射端から光を出射させる信号伝送において、出射光のうち出射光軸と所定の角度範囲にある光のみを受光器に導き、他の光成分を受光しないことを特徴とする伝達情報量の増加方法。出射光を出射光軸となす角度毎の複数の成分に分け、各成分をそれぞれを異なる受光器にて受光して電気信号に変換し、これらの複数の電気信号を演算処理して伝送パルスの波形を整形する方法。出射光を出射光軸となす角度毎の複数の成分に分け、各成分をそれぞれを異なる受光器にて受光して電気信号に変換し、角度が小さい成分の信号をそれぞれ所定の時間遅らせる遅延処理した後、角度が大きい成分の信号と加算する方法。

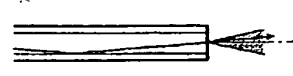
(1) 光路長が長いモード



(2) 光路長が中間のモード



(3) 光路長が短いモード



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 光ファイバの入射端から光を入射させ出射端から光を出射させる信号伝送において、出射光のうち出射光軸と所定の角度範囲にある光のみを受光器に導き、他の光成分を受光しないことを特徴とする伝達情報量の増加方法。

【請求項2】 光ファイバの入射端から光を入射させ出射端から光を出射させる信号伝送において、出射光を出射光軸となす角度毎の複数の成分に分け、各成分をそれぞれ異なる受光器にて受光して電気信号に変換し、これらの複数の電気信号を演算処理して伝送パルスの波形を整形することを特徴とする伝達情報量の増加方法。

【請求項3】 光ファイバの入射端から光を入射させ出射端から光を出射させる信号伝送において、出射光を出射光軸となす角度毎の複数の成分に分け、各成分をそれぞれ異なる受光器にて受光して電気信号に変換し、角度が小さい成分の信号をそれぞれ所定の時間遅らせる遅延処理した後、角度が大きい成分の信号と加算することを特徴とする伝達情報量の増加方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はマルチモードステップインデックス型（以下単に「S I型」と略す）光ファイバを用いた信号伝送において、伝送可能な情報量を増加させる方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】S I型光ファイバは光信号伝達の媒体として使用される。その際、S I型光ファイバを伝わる光には多数の伝搬モードが存在し、モードによって伝搬速度が異なるため、伝達される信号パルスの形状が崩れるという現象を生じる。すなわちファイバへの入射角とファイバからの出射角が大きい高次モードの光は、ファイバへの入射角とファイバからの出射角が小さい低次モードの光より伝播速度が遅い。従ってこれらを合成して得られる信号パルスの形状が劣化するので、S I型光ファイバでは高い周波数の信号を伝送することができないという問題がある。

【0003】伝達可能な信号の周波数範囲を伝送帯域といい、一般に伝送可能な上限周波数で表される。伝送帯域が広いということは一定時間に伝達可能な情報量が多いということである。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】S I型光ファイバは、既に述べたごとくモード分散による信号劣化が原因で伝送帯域が限られ、例えば100m伝送に於ける典型的な伝送帯域値は数十MHz～数百MHzと低い。

【0005】本発明の目的は、通常の使用法では伝送帯域が狭いS I型光ファイバの伝送帯域を大幅に改善し伝達可能な情報量を増すことにある。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】前記課題は以下の各発明によって解決される。即ち、第一の発明は、光ファイバの入射端から光を入射させ出射端から光を出射させる信号伝送において、出射光のうち出射光軸と所定の角度範囲にある光のみを受光器に導き、他の光成分を受光しないことを特徴とする伝達情報量の増加方法である。

【0007】また第二の発明は、光ファイバの入射端から光を入射させ出射端から光を出射させる信号伝送において、出射光を出射光軸となす角度毎の複数の成分に分け、各成分をそれぞれ異なる受光器にて受光して電気信号に変換し、これらの複数の電気信号を演算処理して伝送パルスの波形を整形ことを特徴とする伝達情報量の増加方法である。

【0008】また第三の発明は、光ファイバの入射端から光を入射させ出射端から光を出射させる信号伝送において、出射光を出射光軸となす角度毎の複数の成分に分け、各成分をそれぞれ異なる受光器にて受光して電気信号に変換し、角度が小さい成分の信号をそれぞれ所定の時間遅らせる遅延処理した後、角度が大きい成分の信号と加算することを特徴とする伝達情報量の増加方法である。

【0009】第一の発明は、極めて単純な光学系を付加することで実施できるが、伝送光の一部を使用しないことによって受光強度が低下するため、光強度が充分大きい場合に実用性の高い方法である。

【0010】また第二の発明は、第一の発明のように伝送光の一部を捨てることなく、更に伝送帯域の拡大、ないしS/N比の改善による伝送距離の拡大を可能にするものであって、若干の光学系と電子回路を必要とする。

【0011】第三の発明は、第二の発明の実施形態の一例を示したものであって、出射角が小さい成分の信号をそれぞれ所定の時間遅らせる遅延処理した後、出射角が大きい成分と加算する方法である。尚、本発明において出射光が出射光軸となす角度を出射角という。

## 【0012】

【発明の実施の形態】既に説明したように、S I型光ファイバにおいては光パルスを入力すると出射光パルスは時間軸方向に広がる（図1）。これは伝搬モードによって光路長が変わり、これらの光の到達時間にずれを生じるためである。このことを図2を用いて説明する。

【0013】図2の中間的な光路長を有するモードの光(2)に対し、このモードよりも伝搬角が大きい(1)のようなモードでは同じファイバ長を伝搬する光路長が長くなり、逆に(2)よりも伝搬角が小さい(3)のようなモードでは光路長が短くなる。一つの光パルスに含まれるこれらのモードの光はファイバを伝わる伝搬速度が違うため、図2の右側に示すようにそれぞれの場合で到達時間に違いを生じ、(2)のモードの光は(1)のモードの光よりt1時間だけ速く到達し、(3)のモードの光は(1)のモードよりt2時間だけ速く到達する。これらが加え合わさ

れた結果時間幅の広いパルスとなるわけである。

【0014】ここでそれぞれの各伝搬モードの信号の広がり幅が、合成されるパルス光（信号）の広がり幅に比べて狭いことに注目し、受光器の側で伝搬光のモードを限定することで伝送帯域の拡大を図ったものが第一の発明である。各モードの伝搬速度は伝搬角で決まり、出射面がファイバ軸に垂直な平面であれば伝搬角は出射角に対応する。それゆえ受光する光を所定の出射角以下の範囲に限定することによって受光する伝搬モードを所定の範囲内に限定できる。

【0015】伝搬角と伝搬速度の関係は、伝播角度が小さい場合は角度変化に対する速度変化の差が小さく、伝播角度が大きくなると角度変化に対する速度変化の差が大きくなる。従って所定の角度より小さい伝搬角、即ち所定の角度より小さい出射角の光のみを受光器に導く方法が効率が良い。そしてこの方法は図10に示すような絞りとレンズからなる単純な光学系で実施できるため特に実用性が高い。図10(a)はこの目的を実施する最も簡単な光学系である。尚、レンズの径を小さくすれば、絞りを省略することも可能である。また図10

(b)のようにファイバ出射端に凸レンズを追加して、よりコンパクトな光学系にすることもできる。

【0016】第二の発明及び第三の発明は、更に積極的に広帯域化をねらうもので、上記各伝搬モードをそれぞれ別の受光器で受光した後、得られた各モードの電気信号を演算処理してパルス波形を整形するものである。図4は第三の発明の一例であるが、各モードの受信パルスのうち時間の早いものをそれぞれ遅延素子を用いて所定の時間だけ遅らせ、時間補正をした後に加算するもので、全てのモードのパルスを加算できるため効率が良く、S/N比の劣化をまねかずに広帯域化を図ることができる。

【0017】図5は反転増幅器を利用した減算回路によりパルス波形を整形するもので、遅延素子を用いない分だけシンプルである。特に伝搬速度の早いモードと、逆に遅いモードの信号を他のモードの信号から減算してパルス幅を狭めるものであるが、減算により信号強度が弱まるため、伝搬光が弱い長距離の通信には適さない。

【0018】前記の実施形態では伝送光を三つのモード群に分けた例を説明したが、実際には二つ或いは四つ以上に分けることもできる。原理的には多数に分ける程大きな効果が期待できるが、実際の光ファイバでは各伝搬モードは相互に混じり合うため、分割数が一定以上になると伝送帯域の拡大効果は飽和する。逆に装置構成が複雑になるというデメリットが生じる。適切な分割数は光ファイバの種類と使用条件によって異なるが、例えば開口数0.5のプラスチック光ファイバを使って50~100mの伝送では二分割ないし三分割程度である。

【0019】ファイバ端からの出射角を利用して伝搬モードを分割受光するためには、例えば図3のように同心

円状に分割された広い受光面を有するPD（フォトダイオード）を使う方法が考えられる。しかしながらこのような特殊な受光面を持ち、且つ応答速度が速い（数ns）PDを制作するのは容易でない。そこで以下に述べるような通常のPDを使ってモード分割する方法が採用される。

【0020】光ファイバの出射光を凸レンズを使ってPDに導く際、図7のごとく凸レンズの光軸をファイバの出射軸からずらすことによって出射光の集束位置も移動する。この集束位置の移動距離Dはレンズの光軸のずれをd、投影倍率をmとすると、 $D = (1+m)d$ である。そこで図7の(a)、(b)、(c)のごとく、軸をずらした凸レンズをファイバ軸を中心として同心円状に切り取り、これらを合成した形状の特殊レンズSLを使って、図6のごとく配置すれば、出射角によって区別された各モード群の光は異なる位置に集束され、それぞれのPDで受光される。

【0021】

【実施例】以下実施例により本発明を説明する。

20 【0022】実施例1

直径1mm、開口数0.5のSI型プラスチック光ファイバを使い、図8に示す装置で伝送パルスの波形を観察した。光源にはパルス駆動できるLD（レーザーダイオード）を用い、レンズで入射端に集光させた。受光側には光を円形状にカットするために図9の円形スリットを設けたマスクを用意し、光ファイバの光出射端の後方にこの光ファイバの軸と円形スリットの中心が同一線上に並ぶように置いた。

30 【0023】光ファイバから出射した光は、一定の出射角の成分のみが円形スリットを通過し、レンズでPD（フォトダイオード）に導かれた。円形スリットのスリット幅は1mmとし、光ファイバの端面から約5mmのところに置かれ、ファイバ光軸となす角が0度（直径1mmのピンホール）、約10度、15度、20度の方向の光のみ通過できる4通りのものを用意した。これらのマスクを通して測定した時間軸に対するパルス幅を、マスクを用いない場合のパルス幅と比較した。

40 【0024】パルス幅100psec未満の光パルスを入射し光ファイバを50m通過してきたパルスを比較すると、マスクを用いない場合にパルス幅が3.26nsであったものが、0度、10度、15度、20度のマスクによって、それぞれ、1.48ns、1.53ns、1.80ns、2.58nsとなった。この結果は、マスクを用いない場合と比較して伝送帯域がそれぞれ2.2倍、2.1倍、1.8倍、1.3倍であることを意味する。

【0025】ここで0~15度までのパルスのピーク位置は比較的接近しているため、0~15度までを通す円形窓のマスクを図10のように用いた。その結果、通常の使用法の2倍弱の伝送帯域が実現できた。

50 【0026】実施例2

5

これは第三の発明の実施例である。光ファイバの長さを $L$ 、内部を伝搬する光線がファイバ軸となす角度を $\theta$ とすると、この光線が伝搬する距離は $L/\cos\theta$ で表される。ファイバ中を光が進む速さを $v$ とすると、この光線が光ファイバを通して出射端に達するのにかかる時間 $\tau$ は、 $L/(v \cdot \cos\theta)$ である。 $L=50\text{m}$ とし、屈折率1.49のポリメチルメタクリレートをコアとする光ファイバを用いた。この光ファイバの0度、10度、15度、20度の出射光はそれぞれ $\theta=0$ 度、6.7度、10.0度、13.3度であり、0度を基準とした $\tau$ の遅れは0nsec、1.7nsec、3.8nsec、7.8nsecである。

【0027】実施例1の実験結果から分かるように出射角が20度程度になるとパルスの広がり著しく大きくなるため、この成分は利用せず、例えば図6ないし図3に示した方法を利用して（分割数は図と異なる）出射角が0～10度、10～15度の二成分に分けて受光し、0～10度の信号に約2nsecの遅延を施した後、10～15度の信号に加えた。その結果伝送帯域は約2.5倍に向上した。

【0028】

【発明の効果】本発明によれば、SI型ファイバを使う光信号伝送において、受光側の光学系あるいは光学系と

6

電気回路によりパルス信号の劣化を抑制することができ、伝送帯域を増すことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】光伝送におけるパルス波形の劣化を説明する図である。

【図2】伝搬モードによる伝送パルスの違いを説明する図である。

【図3】本発明の一実施形態である光学系を示す図である。

【図4】本発明の一実施形態である信号処理回路図である。

【図5】本発明の一実施形態である信号処理回路図である。

【図6】本発明の一実施形態である光学系を示す図である。

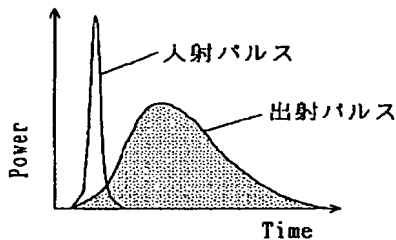
【図7】本発明の一実施形態である光学系の原理を説明する図である。

【図8】実施例1における光学系の配置図である。

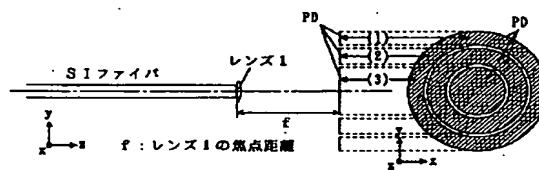
【図9】図8の円形スリットの平面図である。

【図10】実施例1で使用した円形窓を有するマスクを示す図である。

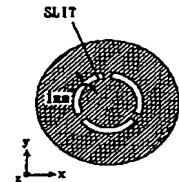
【図1】



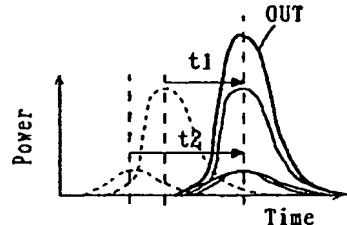
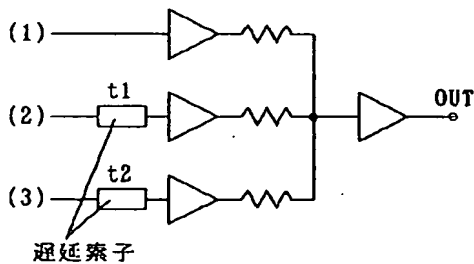
【図3】



【図9】

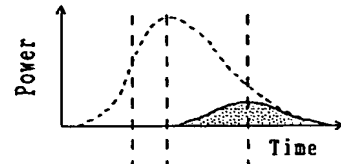
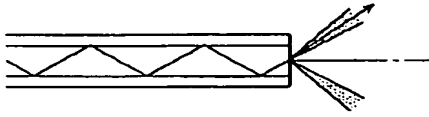


【図4】

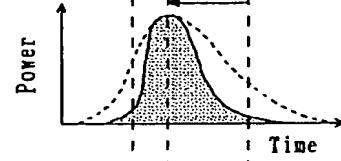
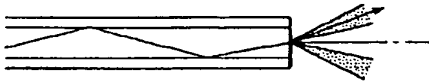


【図2】

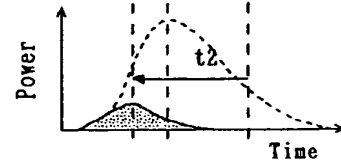
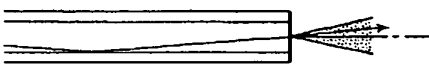
(1) 光路長が長いモード



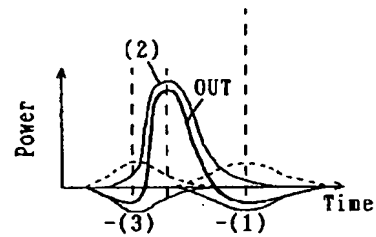
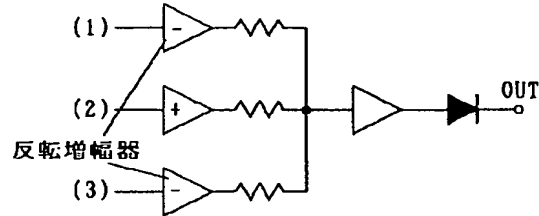
(2) 光路長が中間のモード



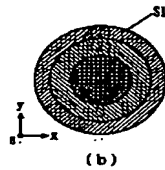
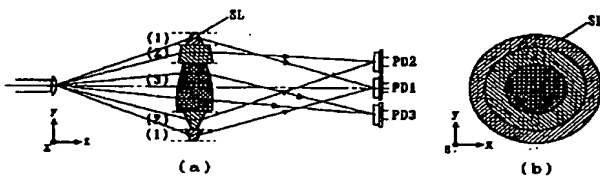
(3) 光路長が短いモード



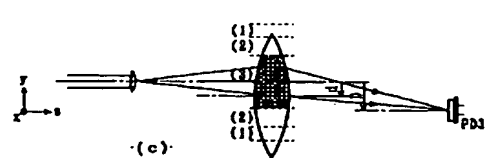
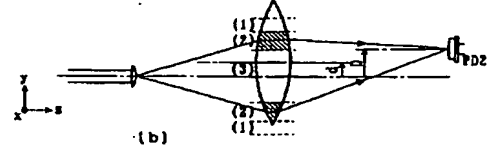
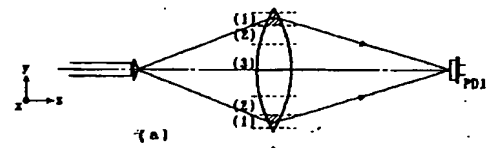
【図5】



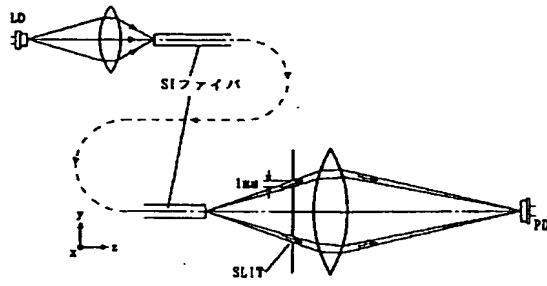
【図6】



【図7】



【図8】



【図10】

